

## PENYELESAIAN *ECONOMIC DISPATCH* MENGGUNAKAN *FIREFLY ALGORITHM*

Fatkurohman <sup>1)</sup>, Hardiansyah <sup>2)</sup>, M. Iqbal Arsyad <sup>3)</sup>  
Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak  
Email <sup>1)</sup>: [fatkurohman91@gmail.com](mailto:fatkurohman91@gmail.com)  
<sup>2)</sup>: [hardiansyah@ee.untan.ac.id](mailto:hardiansyah@ee.untan.ac.id)  
<sup>3)</sup>: [Iqbal.arsyad@ee.untan.ac.id](mailto:Iqbal.arsyad@ee.untan.ac.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah *economic dispatch* menggunakan metode *firefly algorithm*, metode *firefly algorithm* ini dilakukan berdasarkan prinsip kunang-kunang yang memiliki intensitas cahaya yang lebih terang yang digunakan untuk menyelesaikan masalah *economic dispatch*. *Firefly Algorithm* terdiri dari sejumlah kunang-kunang dan berbagai macam tingkat kecerahan cahaya. Pada penyelesaian *Economic dispatch* ini jumlah kunang-kunang akan merepresentasikan jumlah pembangkit yang ada pada suatu sistem, sedangkan tingkat kecerahannya merepresentasikan fungsi biaya pembangkitan. Pada setiap iterasi akan dipilih fungsi *fitness* terbaik sebagai *G bes*. Dalam representasi *Firefly Algorithm*, metode *Firefly Algorithm* menemukan nilai-nilai optimum daya yang dibangkitkan secara optimal sebagai acuan untuk biaya bahan bakar (\$/h) terendah, untuk menguji metode *Firefly Algorithm* ini, diuji dengan dengan standart sistem IEEE, Salah satu dari pada hasil pengujian yaitu untuk pengujian pada sistem 3 unit generator dengan rugi rugi transmisi hasil biaya bahan bakar terendah pada uji beban 125 MW sebesar 1711.8584 (\$/h) dengan rugi-rugi transmisi sebesar 2.2577 MW, pada uji beban 225 MW didapat hasil biaya bahan bakar terendah sebesar 2769.6882 (\$/h) dengan rugi-rugi transmisi sebesar 5.8121 MW, pada uji beban 375 MW didapat hasil biaya bahan bakar terendah sebesar 4506.7997 (\$/h) dengan rugi-rugi transmisi sebesar 16.7196 MW. Sedangkan pada pengujian tanpa rugi-rugi transmisi hasil biaya bahan bakar terendah pada uji beban 125 MW sebesar 1689.7811 (\$/h), pada uji beban 225 MW didapat hasil biaya bahan bakar terendah sebesar 2699.0115 (\$/h), pada uji beban 375 MW didapat hasil biaya bahan bakar terendah sebesar 4288.2098 (\$/h). Dengan demikian biaya pembangkitan dapat dihemat sekiranya kapasitas pembangkitan dapat dioptimalkan atau dioperasikan sesuai dengan hasil perhitungan operasi ekonomis. Dalam hal ini metode *Firefly algorithm* merupakan salah satu metode yang dapat dipergunakan dalam masalah *economic dispatch* karena telah berhasil menyelesaikan pencapaian harga optimum untuk hasil biaya bahan bakar ekonomis pembangkitan dengan tingkat keakuratan dari hasil yang didapat secara optimal.

**Kata kunci :** *Economic Dispatch, Firefly Algorithm*

### 1. Pendahuluan

Konsumsi listrik Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Peningkatan kebutuhan listrik diperkirakan dapat tumbuh rata-rata 6,5% per tahun hingga tahun 2020 (Moch. Muchlis, 2012). Selain itu di era digital ini semakin banyak aktivitas masyarakat yang dibantu dengan barang elektronik. Konsumsi listrik Indonesia yang begitu besar akan menjadi suatu masalah bila dalam penyediaannya tidak sejalan dengan kebutuhan.

Penyedia tenaga listrik bertujuan untuk memenuhi kebutuhan beban listrik secara efisien dengan biaya minimum. Untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan penjadwalan unit pembangkit dengan biaya minimum, namun tetap dapat memenuhi kebutuhan daya dengan kualitas yang baik.

Operasi ekonomis bertujuan untuk menjadwalkan atau mengatur daya keluaran dari masing-masing pembangkit yang ada dalam sistem tenaga listrik untuk melayani beban sehingga jumlah biaya pembangkitan yang dikeluarkan sekecil atau seminimal mungkin tanpa mengabaikan pelayanan

kepada konsumen. Untuk melayani beban dengan nilai tertentu maka yang perlu diperhatikan adalah berapa daya yang harus dibangkitkan oleh setiap unit pembangkit sehingga diperoleh pembangkitan yang ekonomis atau juga biasa disebut dengan *Economic Dispatch* (ED). Dalam penelitian ini untuk menyelesaikan masalah ED menggunakan *Firefly Algorithm* akan diuji dengan standar sistem *IEEE* pada 3 unit generator, 6 unit generator dan 20 unit generator.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Economic Dispatch<sup>(13)</sup>

*Economic dispatch* adalah pembagian pembebanan pada setiap unit pembangkit sehingga diperoleh kombinasi unit pembangkit yang dapat memenuhi kebutuhan beban dengan biaya yang optimum atau untuk mencari nilai optimum dari output daya dari kombinasi unit pembangkit yang bertujuan untuk meminimalkan total biaya pembangkitan dan dapat memenuhi batasan persamaan dan pertidaksamaan. Secara umum fungsi biaya dari setiap unit pembangkit dapat diformulasikan secara matematis sebagai suatu fungsi objektif, seperti yang diberikan pada persamaan berikut:

$$\text{Minimize } F_T = \sum_{i=1}^n F_i(P_i) \quad (1)$$

$$F_i(P_i) = a_i + b_i P_i + c_i P_i^2 \quad (2)$$

dimana:

- FT = total biaya pembangkitan (\$)  
 $F_i(P_i)$  = fungsi biaya input-output pembangkit ke-i (\$/h)  
 $a_i, b_i, c_i$  = koefisien biaya dari pembangkit ke-i  
 $P_i$  = ouput pembangkit ke-i (MW)  
 $\eta$  = jumlah unit pembangkit  
 $i$  = indeks dari dispatchable unit

Kendala Keseimbangan Beban :

$$\sum_{i=1}^n P_i = P_D + P_L \quad (3)$$

$$P_L = \sum_i^n \sum_j^n P_i B_{ij} P_j \quad (4)$$

Kendala batas output pembangkit :

$$P_i^{\min} \leq P_i \leq P_i^{\max} \quad (5)$$

dimana:

- $P_D$  = total beban sistem (MW)  
 $P_L$  = total rugi-rugi saluran (MW)  
 $P_i^{\min}$  = output minimum pembangkit ke-i (MW)  
 $P_i^{\max}$  = output maksimum pembangkit ke-i (MW)  
 $B_{ij}$  = koefisien rugi-rugi saluran (MW)

### 2.2 Firefly Algorithm<sup>(3,4)</sup>

Pada bidang artificial intelligence atau kecerdasan buatan ada istilah swarm intelligence yang diartikan sebagai desain algoritma atau alat problem solving terdistribusi yang terinspirasi oleh perilaku sosial kolektif koloni serangga dan koloni binatang (Yang, X. S. 2009). *Firefly Algorithm* merupakan salah satu algoritma swarm intelligence yang berkembang sangat cepat pada hampir semua bidang permasalahan optimasi dan perancangan (Ali, N. (2014). Algoritma ini dikembangkan oleh Dr Xin-She Yang di Universitas Cambridge pada tahun 2007. Menurut Xin-She Yang (2010) *Firefly Algorithm* menggunakan tiga aturan yang dianggap ideal, yakni :

1. Kunang bersifat unisex, sehingga satu kunang-kunang dapat tertarik dengan kunang-kunang lain tanpa melihat jenis kelamin.
2. Ketertarikan antar kunang kunang akan sebanding dengan tingkat kecerahan kunang-kunang tersebut. Dengan ketentuan bahwa semakin jauh jarak antar kunang-kunang, maka tingkat kecerahan kunang-kunang akan menurun atau menghilang.

Jadi untuk setiap dua kunang-kunang yang berkedipan, kunang-kunang yang kurang terang (redup) akan mendekati kunang-kunang yang lebih terang. Jika dari kedua kunang-kunang tidak ada yang lebih terang maka kunang-kunang akan bergerak secara acak.

3. Kecerahan pada kunang-kunang akan ditentukan oleh fungsi tujuan dari masalah yang diberikan.

Berikut ini beberapa istilah yang digunakan dalam *Firefly Algorithm* dan definisinya menurut Yang, X. S. (2010) :

1. Populasi adalah sebuah kumpulan solusi yang direpresentasikan dengan kunang-kunang (*firefly*)
2. *Firefly* adalah individu dalam populasi yang terdiri dari kumpulan kode yang merepresentasikan solusi dari permasalahan.
3. Intensitas cahaya adalah nilai atau ukuran untuk mengevaluasi *firefly*.
4. *Attractiveness* adalah daya tarik seekor kunang-kunang yang dinilai oleh kunang-kunang lainnya berdasarkan intensitas cahayanya.
5. *Distance* adalah jarak antar dua *firefly*.
6. *Movement* adalah pergerakan yang dilakukan masing-masing *firefly* menuju *firefly* lain yang intensitas cahayanya lebih terang.

Xin-She Yang merumuskan 3 persamaan yang dibuat dalam hal perilaku pergerakan kunang-kunang yaitu:

1. Intensitas Cahaya  
Ada dua hal yang berkaitan dan sangat penting dalam *firefly algorithm* yaitu intensitas cahaya dan fungsi keatraktifan. Dalam hal ini banyak dari kita berasumsi bahwa keatraktifan dipengaruhi oleh tingkat intensitas cahaya. Untuk kasus yang paling sederhana contohnya masalah optimasi maksimum, tingkat intensitas cahaya pada

sebuah kunang-kunang  $x$  dapat dilihat sebagai,

$$I(x) = f(x) \quad (6)$$

Dengan nilai  $I$  merupakan tingkat intensitas cahaya pada  $x$  kunang-kunang yang sebanding terhadap solusi fungsi tujuan permasalahan yang akan dicari  $f(x)$ . Keatraktifan  $\beta$  yang bernilai relatif, karena intensitas cahaya yang harus dilihat dan dinilai oleh kunang-kunang lain. Dengan demikian, hasil penilaian akan berbeda tergantung dari jarak antara kunang-kunang yang satu dengan yang lainnya  $r_{ij}$ . Selain itu, intensitas cahaya akan menurun dilihat dari sumbernya dikarenakan terserap oleh media contohnya udara  $\gamma$  (Yang, X.-S. 2010). Fungsi keatraktifan ialah sebagai berikut :

$$\beta(r) = \beta_0 * e^{(-\gamma r^m)}, \quad (m \geq 1) \quad (7)$$

2. Jarak  
Jarak antara dua kunang-kunang setiap  $i$  dan  $j$ , pada posisi  $x_i$  dan  $x_j$ , masing-masing, dapat didefinisikan sebagai jarak *Cartesian* atau *Euclidean* sebagai berikut:

$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (8)$$

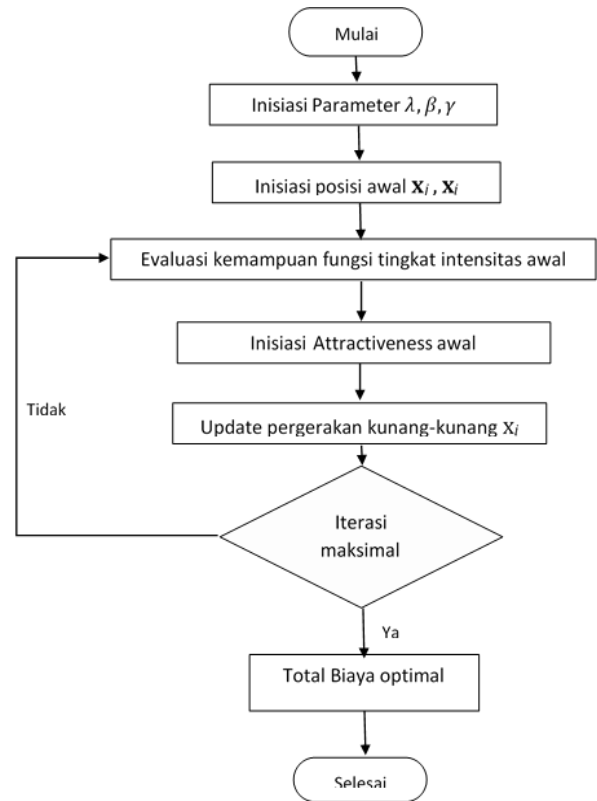
3. Pergerakan Kunang-kunang  
Pergerakan  $i$  kunang-kunang yang tertarik oleh, lebih terangnya kunang-kunang  $j$  diberikan oleh persamaan berikut:

$$x_i = x_i + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (x_j - x_i) + \alpha (\text{rand} - \frac{1}{2}) \quad (9)$$

Langkah - Langkah Penyelesaian Economic Dispatch menggunakan *Firefly Algorithm* diberikan sebagai berikut :

1. Membaca sistem data seperti koefisien persamaan biaya, batas daya minimum dan maksimum dari semua unit pembangkit, total dari  $P_{demand}$ .

2. Menginisialisasi parameter dan syarat dari algoritma *Firefly*. Dalam hal ini melingkupi  $\alpha, \gamma, \beta_0$ , jumlah dimensi, jumlah kunang-kunang dan itermax (jumlah maksimum pada iterasi).
3. Membangkitkan secara random populasi awal sebanyak  $m$  *firefly* (berarti banyak kunang-kunang dan jumlah dimensi sebanyak pembangkit yang ada).
4. Hitung intensitas cahaya awal tiap fireflies yaitu  $I_x$  berdasarkan nilai fungsi tujuan yaitu  $f(x)$ .
5. Intensitas cahaya tiap *firefly* dibandingkan dengan *firefly* lainnya. Apabila terdapat *firefly*  $j$  yang intensitas cahayanya lebih besar dari *firefly*  $i$ , lakukan update pergerakan firefly menggunakan persamaan movement yaitu :  $x_i^{new} = x_i + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (x_j - x_i) + \alpha (rand - 1/2)$  Dimana  $rand$  adalah bilangan random berdistribusi uniform pada interval  $[0,1]$  dan  $r_{ij} = \frac{\|x_i - x_j\|}{\sqrt{\sum_{k=1}^d (x_{i,k} - x_{j,k})^2}}$
6. *G-best* adalah solusi terbaik yang pernah didapatkan. Untuk iterasi pertama, *firefly* terbaik (*firefly* dengan intensitas terbesar) adalah *G-best*.
7. Tentukan nilai alpha ( $\alpha$ ) dengan iterasi yang mengikuti persamaan berikut :  $\alpha(iter) = \alpha_{maks} - ((\alpha_{maks} - \alpha_{min}) (jumlah\ iterasi\ saat\ ini) / itermax)$
8. Melakukan proses movement kepada *firefly* terbaik dengan memasukkan nilai yang didapat dan menggabungkannya dengan *firefly* yang lain untuk menjadi populasi awal pada iterasi selanjutnya.
9. Jumlah iterasi selalu bertambah dan jika batas iterasi dipenuhi maka akan berhenti, sedangkan jika tidak terpenuhi maka kembali ke langkah 3.
10. *G-best* akan memberikan solusi yang optimal pada masalah *economic dispatch*.



Gambar 1. Flowchart perhitungan *Firefly Algorithm*

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil output metode *Firefly algorithm* yaitu biaya bahan bakar minimum atau terendah pada pengujian sistem standar IEEE 3, 6, dan 20 unit generator. Untuk penyelesaian kasus ED menggunakan metode *Firefly algorithm* dilakukan penentuan parameter sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter Kontrol *Firefly Algorithm*

Parameter	Symbol	Nilai FA
Jumlah Populasi	NP	25
Iterasi Maximum	Itermax	50
Gamma	$\gamma$	1
Beta	$\beta$	2
Alpha	$\alpha$	0.2
Alpha damp		0.98

### 3.1 Sistem 3 Unit Generator

Adapun variasi beban yang digunakan sebesar 125 MW, 225 MW, dan 375 MW beserta koefisien matriks Bij pada pembangkit tenaga termal.

Tabel 2. Karakteristik Biaya Bahan Bakar Sistem 3 Unit Generator dan Koefisien Rugi-Rugi Transmisi <sup>(14)</sup>

Unit	P <sub>i</sub> <sup>Min</sup> (MW)	P <sub>i</sub> <sup>Max</sup> (MW)	a <sub>i</sub> (\$/MW <sup>2</sup> )	b <sub>i</sub> (\$/MW)	c <sub>i</sub> (\$)
1	50	250	0.00525	8.663	328.13
2	5	150	0.00609	10.040	136.91
3	15	100	0.00592	9.760	59.16

Adapun koefisien Matriks Rugi rugi transmisi adalah

$$B_{ij} = \begin{bmatrix} 0.0001360 & 0.0000175 & 0.000184 \\ 0.0000175 & 0.0001540 & 0.000238 \\ 0.0001840 & 0.0002830 & 0.001610 \end{bmatrix}$$

Hasil simulasi menggunakan metode FA pada 3 unit generator dengan rugi-rugi transmisi ditunjukkan pada tabel 3 dan tanpa rugi-rugi transmisi ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 3. Daya Keluaran Biaya Bahan Bakar Terendah Sistem 3 Unit Generator dengan Rugi rugi Transmisi

Daya Beban (MW)	P1 (MW)	P2 (MW)	P3 (MW)
125	107.2459	5.0115	15.0003
225	165.4691	49.8844	15.4586
375	241.1618	113.7229	36.8129

Biaya Bahan Bakar Pembangkitan (\$/h)	Rugi Rugi Transmisi (MW)	Komputasi (detik)
1711.8584	2.2577	2.953043
2769.6882	5.8121	2.911881
4506.7997	16.7196	2.902156

Tabel 4. Daya Keluaran Biaya Bahan Bakar Terendah Sistem 3 Unit Generator tanpa Rugi rugi Transmisi

Daya Beban (MW)	P1 (MW)	P2 (MW)	P3 (MW)
125	104.9969	5.0004	15.0027
225	156.6822	22.0207	46.2971
375	211.2560	69.0485	94.6955

Biaya Bahan Bakar Pembangkitan (\$/h)	Rugi rugi Transmisi (MW)	Komputasi ( detik)
1689.7811	0.0000	3.225554
2699.0115	0.0000	2.857246
4288.2098	0.0000	2.785018

### 3.2 Sistem 6 Unit Generator

Adapun variasi beban yang digunakan sebesar 850 MW, 950 MW, dan 1275 MW beserta koefisien matriks Bij pada pembangkit tenaga termal.

Tabel 5. Karakteristik Biaya Bahan Bakar Sistem 6 Unit Generator dan Koefisien Rugi-Rugi Transmisi <sup>(15)</sup>

Unit	P <sub>i</sub> <sup>Min</sup> (MW)	P <sub>i</sub> <sup>Max</sup> (MW)	a <sub>i</sub> (\$/MW <sup>2</sup> )	b <sub>i</sub> (\$/MW)	c <sub>i</sub> (\$)
1	10	125	0.0033870	0.856440	16.8177 50
2	10	150	0.0023500	1.025760	10.0294 50
3	35	225	0.0006230	0.897700	23.3332 80
4	35	210	0.0007880	0.851234	27.6340 00
5	130	325	0.0004690	0.807285	36.8568 80
6	125	315	0.0003998	0.850454	30.1479 80

Adapun koefesien Matriks Rugi rugi transmisi adalah

$$B_{ij} =$$

0.000140	0.000017	0.000015	0.000019	0.000026	0.000022
0.000017	0.000060	0.000013	0.000016	0.000015	0.000020
0.000015	0.000013	0.000065	0.000017	0.000024	0.000019
0.000019	0.000016	0.000017	0.000071	0.000030	0.000025
0.000026	0.000015	0.000024	0.000030	0.000069	0.000032
0.000022	0.000020	0.000019	0.000025	0.000032	0.000085

Hasil simulasi menggunakan metode FA pada 6 unit generator dengan rugi-rugi transmisi ditunjukkan pada tabel 6 dan tanpa rugi-rugi transmisi ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 6. Daya Keluaran dengan Biaya Bahan Bakar Pembangkit Terendah dengan 6 Unit Generator dengan Rugi rugi Transmisi

Daya Beban (MW)	P1 (MW)	P2 (MW)	P3 (MW)	P4 (MW)
850	34.6358	17.7489	152.5227	144.9491
950	39.0298	24.4050	175.4470	161.7323
1275	116.1452	141.6444	225.0000	210.0000

P5 (MW)	P6 (MW)	Biaya Bahan Bakar Pembangkitan (\$/h)	Rugi Rugi Transmisi	Komputasi (detik)
270.9321	257.7691	987.7691	28.5576	3.195457
297.3409	287.6703	1104.0382	35.6255	3.002935
325.0000	315.0000	1548.9226	57.7896	2.958613

Tabel 7. Daya Keluaran dengan Biaya Bahan Bakar Pembangkit Terendah dengan 6 Unit Generator tanpa Rugi rugi Transmisi

Daya beban (MW)	P1 (MW)	P2 (MW)	P3 (MW)	P4 (MW)
850	30.8358	10.0045	133.3804	134.7868
950	34.3627	13.3538	153.5322	150.6121
1275	96.6809	103.3191	225.0000	210.0000

P5 (MW)	P6 (MW)	Biaya Bahan Bakar Pembangkitan (\$/h)	Rugi Rugi Transmisi	Komputasi (detik)
273.8194	267.1730	956.7876	0.0000	2.935284
300.2665	297.8726	1064.4438	0.0000	2.853017
325.0000	315.0000	1456.8469	0.0000	2.874836

### 3.3 Sistem 20 Unit Generator

Adapun variasi beban yang digunakan sebesar 2500 MW, 3050 MW, dan 3500 MW beserta koefisien matriks Bij pada pembangkit tenaga termal.

Tabel 8. Karakteristik Biaya Bahan Bakar Sistem 20 Unit Generator dan Koefisien Rugi-Rugi Transmisi <sup>(16)</sup>

Unit	P <sub>i</sub> <sup>Min</sup> (MW)	P <sub>i</sub> <sup>Max</sup> (MW)	a <sub>i</sub> ( \$/MW <sup>2</sup> )	b <sub>i</sub> (\$/MW)	c <sub>i</sub> (\$)
1	150	600	0.00068	18.19	1000
2	50	200	0.00071	19.26	970
3	50	200	0.00650	19.80	600
4	50	200	0.00500	19.10	700
5	50	160	0.00738	18.10	420
6	20	100	0.00612	19.26	360
7	25	125	0.00790	17.14	490
8	50	150	0.00813	18.92	660
9	50	200	0.00522	18.27	765
10	30	150	0.00573	18.92	770
11	100	300	0.00480	16.69	800
12	150	500	0.00310	16.76	970
13	40	160	0.00850	17.36	900
14	20	130	0.00511	18.70	700
15	25	185	0.00398	18.70	450
16	20	80	0.07120	14.26	370
17	30	85	0.00890	19.14	480
18	30	120	0.00713	18.92	680
19	40	120	0.00622	18.47	700
20	30	100	0.00773	19.79	850

Adapun koefesien Matriks Rugi rugi transmisi adalah

$$B_{ij} = 10^{-5}$$

8.70	0.43	-4.61	0.36	0.32	-0.66	0.96	-1.60	0.80	-0.10	3.60	0.64	0.79	2.10	1.70	0.80	-3.20	0.70	0.48	-0.70
0.43	8.30	-0.97	0.22	0.75	-0.28	5.04	1.70	0.54	7.20	-0.28	0.98	-0.46	1.30	0.80	-0.20	0.52	-1.70	0.80	0.20
-4.61	-0.97	9.00	-2.00	0.63	3.00	1.70	-4.30	3.10	-2.00	0.70	-0.77	0.93	4.60	-0.30	4.20	0.38	0.70	-2.00	3.60
0.36	0.22	-2.00	5.30	0.47	2.62	-1.96	2.10	0.67	1.80	-0.45	0.92	2.40	7.60	-0.20	0.70	-1.00	0.86	1.60	0.87
0.32	0.75	0.63	0.47	8.60	-0.80	0.37	0.72	-0.90	0.69	1.80	4.30	-2.80	-0.70	2.30	3.60	0.80	0.20	-3.00	0.50
-0.66	-0.28	3.00	2.62	-0.80	11.8	-4.90	0.30	3.00	-3.00	0.40	0.78	6.40	2.60	-0.20	2.10	-0.40	2.30	1.60	-2.10
0.96	5.04	1.70	-1.96	0.37	-4.90	8.24	-0.90	5.90	-0.60	8.50	-0.83	7.20	4.80	-0.90	-0.10	1.30	0.76	1.90	1.30
-1.60	1.70	-4.30	2.10	0.72	0.30	-0.90	1.20	-0.96	0.56	1.60	0.80	-0.40	0.23	0.75	-0.56	0.80	-0.30	5.30	0.80
0.80	0.54	3.10	0.67	-0.90	3.00	5.90	-0.96	0.93	-0.30	6.50	2.30	2.60	0.58	-0.10	0.23	-0.30	1.50	0.74	0.70
-0.10	7.20	-2.00	1.80	0.69	-3.00	-0.60	0.56	-3.0	0.99	-6.60	3.90	2.30	-0.30	2.80	-0.80	0.38	1.90	0.47	-0.26
3.60	-0.28	0.70	-0.45	1.80	0.40	8.50	1.60	6.50	-6.60	10.7	5.30	-0.60	0.70	1.90	-2.60	0.93	-0.60	3.80	-1.50
0.64	0.98	-0.77	0.92	4.30	0.78	-0.83	0.80	2.30	3.90	5.30	8.00	0.90	2.10	-0.70	5.70	5.40	1.50	0.70	0.10
0.79	-0.46	0.93	2.40	-2.80	6.40	7.20	-0.40	2.60	2.30	-0.60	0.90	11.0	0.87	-1.00	3.60	0.46	-0.90	0.60	1.50
2.10	1.30	4.60	7.60	-0.70	2.60	4.80	0.23	0.58	-0.30	0.70	2.10	0.87	3.80	0.50	-0.70	1.90	2.30	-0.97	0.90
1.70	0.80	-0.30	-0.20	2.30	-0.20	-0.90	0.75	-0.10	2.80	1.90	-0.70	-1.00	0.50	11.0	1.90	-0.80	2.60	2.30	-0.10
0.80	-0.20	4.20	0.70	3.60	2.10	-0.10	-0.56	0.23	-0.80	-2.60	5.70	3.60	-0.70	1.90	10.8	2.50	-1.80	0.90	-2.60
-3.20	0.52	0.38	-1.00	0.80	-0.40	1.30	0.80	-0.30	0.38	0.93	5.40	0.46	1.90	-0.80	2.50	8.70	4.20	-0.30	0.68
0.70	-1.70	0.70	0.86	0.20	2.30	0.76	-0.30	1.50	1.90	-0.60	1.50	-0.90	2.30	2.60	-1.80	4.20	2.20	0.16	-0.30
0.48	0.80	-2.00	1.60	-3.00	1.60	1.90	5.30	0.74	0.47	3.80	0.70	0.60	-0.97	2.30	0.90	-0.30	0.16	7.60	0.69
-0.70	0.20	3.60	0.87	0.50	-2.10	1.30	0.80	0.70	-0.26	-1.50	0.10	1.50	0.90	-0.10	-2.60	0.68	-0.30	0.69	7.00

Hasil simulasi menggunakan metode FA pada 20 unit generator dengan rugi-rugi transmisi ditunjukkan pada tabel 9 dan tanpa rugi-rugi transmisi ditunjukkan pada tabel 10.

Tabel 9. Daya Keluaran dengan Biaya Bahan Bakar Pembangkit Terendah dengan 20 Unit Generator dengan Rugi rugi Transmisi

Unit	2500 (MW)	3050 (MW)	3500 (MW)
P1 (MW)	512.9436	599.9221	599.9683
P2 (MW)	169.4192	200.0000	200.0000
P3 (MW)	127.2882	176.3191	200.0000
P4 (MW)	102.3139	138.8782	200.0000
P5 (MW)	113.2564	139.3236	160.0000
P6 (MW)	73.3400	99.9172	100.0000
P7 (MW)	115.3973	124.9634	125.0000
P8 (MW)	115.7394	149.9675	150.0000
P9 (MW)	100.8695	132.7484	199.9436
P10 (MW)	106.7498	150.0000	150.0000
P11 (MW)	150.9088	169.4167	225.2397
P12 (MW)	291.6715	321.3439	426.6210
P13 (MW)	119.4215	136.8039	159.6240
P14 (MW)	30.6767	42.8032	129.7552
P15 (MW)	115.6863	149.7495	185.0000
P16 (MW)	36.3718	38.8744	46.6792
P17 (MW)	67.0275	85.0000	85.0000

P18 (MW)	87.6769	117.3937	120.0000
P19 (MW)	100.2871	119.9899	119.7588
P20 (MW)	54.9147	84.5326	99.8864
Biaya Bahan Bakar Pembangkitan (\$/h)	62456.6602	74146.0465	84154.2321
Rugi Rugi Transmisi	91.9601	127.9472	182.4762
Komputasi (detik)	3.400348	3.252455	3.259854

Tabel 10. Daya Keluaran dengan Biaya Bahan Bakar Pembangkit Terendah dengan 20 Unit Generator tanpa Rugi rugi Transmisi

Unit	2500 (MW)	3050 (MW)	3500 (MW)
P1 (MW)	599.9387	599.6986	599.8103
P2 (MW)	131.4076	200.0000	200.0000
P3 (MW)	50.0070	50.0312	54.6346
P4 (MW)	51.3329	79.8397	147.9636
P5 (MW)	90.5483	121.6839	159.3071
P6 (MW)	20.5468	52.6289	99.8203
P7 (MW)	124.7363	125.0000	125.0000
P8 (MW)	50.1409	62.9593	98.7200
P9 (MW)	110.2576	159.5313	200.0000
P10 (MW)	42.0471	91.3542	148.3941

P11 (MW)	290.9260	299.8681	300.0000
P12 (MW)	436.6863	500.0000	500.0000
P13 (MW)	122.7205	149.2574	159.5346
P14 (MW)	74.1490	115.3423	130.0000
P15 (MW)	94.1624	149.0790	185.0000
P16 (MW)	36.2854	40.3433	43.1960
P17 (MW)	30.0927	41.4406	74.4440
P18 (MW)	37.1703	71.1551	110.8073
P19 (MW)	76.5544	110.3993	120.0000
P20 (MW)	30.2900	30.3879	43.3679
Biaya Bahan Bakar Pembangkitan (\$/h)	60153.45 16	70965.980 8	80049.87 13
Rugi-Rugi Transmisi	0.0000	0.0000	0.0000
Komputasi (detik)	3.201024	3.155638	3.113316

#### 4. Penutup

##### 4.1 Kesimpulan

- Setelah dilakukan pengujian pada sistem 3, 6 dan 20 unit generator pada masalah Economic Dispatch dengan pendekatan Firefly Algorithm (FA), metode Firefly Algorithm telah berhasil menyelesaikan pencapaian harga optimum untuk hasil biaya bahan bakar ekonomis pembangkitan dan rugi-rugi transmisi yang di hasilkan.
- Dari hasil uji untuk pengujian pada sistem 3 unit generator dengan rugi rugi transmisi hasil biaya bahan bakar terendah pada uji beban 125 MW sebesar 1711.8584 (\$/h) dengan rugi-rugi transmisi sebesar 2.2577 MW, pada uji beban 225 MW didapat hasil biaya bahan bakar terendah sebesar 2769.6882 (\$/h) dengan rugi-rugi transmisi sebesar 5.8121 MW, pada uji beban 375 MW didapat hasil biaya bahan bakar terendah sebesar 4506.7997 (\$/h) dengan rugi-rugi transmisi sebesar 16.7196 MW. Sedangkan pada pengujian tanpa rugi-rugi transmisi hasil biaya bahan bakar terendah pada uji beban 125 MW sebesar 1689.7811 (\$/h), pada uji beban 225 MW didapat hasil biaya bahan bakar terendah sebesar 2699.0115 (\$/h), pada uji beban 375 MW didapat hasil biaya bahan bakar terendah sebesar 4288.2098 (\$/h).
- Tidak mudah untuk menentukan parameter metode *Firefly Algorithm*

- Parameter yang berpengaruh dalam pencapaian optimum pada metode Firefly Algorithm Adalah Tingkat kecerahan, Beta ( $\beta$ ), Alpha ( $\alpha$ ), Gamma ( $\gamma$ ), Jumlah Iterasi, Populasi (jumlah kunang-kunang), Dimension ,Radius (R).

##### 4.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut pada metode Firefly Algorithm, Dapat menggunakan metode lain yang dapat dipakai untuk pembebanan ekonomis pembangkit yakni bisa menggunakan Modified Firefly Algorithm dengan menerapkan beberapa parameter kendala seperti gas emisi, Batasan ramp rate, dan valve point pada sistem unit pembangkitan dengan studi kasus dilapangan.

##### Daftar Pustaka

- [1] Muchlis, Moch, 2012. Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 sd 2020. [http://www.oocities.org/markal\\_bppt/publish/s\\_lstrk/slmuch.pdf](http://www.oocities.org/markal_bppt/publish/s_lstrk/slmuch.pdf) (diakses 11 November 2019).
- [2] R. S. Ibrahim, R. S. Wibowo, and A. Musthofa. 2017 "Economic Load Dispatch Unit Pembangkit Termal Mempertimbangkan Penambahan Pembangkit Tenaga Angin dengan Menggunakan Firefly Algorithm,"jurnal Teknik ITS, vol. 6, no. 1.
- [3] Yang, X. S. 2008: Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms, Luniver Press,
- [4] Yang, X.S. 2014. Cuckoo Search and Firefly Algorithm. London: Springer
- [5] Jaswant singh and Wadhani. S. 2013. Economic Dispatch Problem Using Firefly Algorithm. International Journal of Scientific & Engineering Research vol 4,(6)
- [6] A. J Wood, B. F. Wollenberg. 1996.Power Generation, Operation, and Control, 2nd ed., John Wiley and Sons, New York
- [7] Z. X. Liang, J. D. Glover, 1992 "A Zoom Feature for a Dynamic Programming Solution to Economic Dispatch Including Transmission Losses", IEEE Trans. on Power Systems, vol. 7, no. 2, pp. 544-550.
- [8] Hardiansyah, Junaidi, and Yohannes MS. 2012 Application of Soft Computing Methods for Economic Load Dispatch Problems. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 58–



- No.13.
- [9] Analisa Operasi Ekonomis Pembangkit Termal untuk Melayani Beban Puncak Sistem Kelistrikan Sumbar Syafi'I dan Kartika Ika Putri Jurusan teknik Elektro, Fakultas teknik, Universitas Andalas
  - [10] Hadi Saadat. 2002, Power System Analysis, Tata McGraw Hill Publishing Company, New Delhi.
  - [11] Sudhir, S.; Shivani, M., and Nitish, C. 2015. Economic Load Dispatch Using Grey Wolf Optimization. International Journal of Engineering Research and Applications ISSN: 2248-9622. Vol 5 Issue 4, ( part-6) april, pp.128-132.
  - [12] Cekdin Cekmas. 2006, Sistem Tenaga Listrik contoh Soal dan Penyelesaiannya Menggunakan Matlab. Palembang: Andi Yogyakarta.
  - [13] Marsudi, D. 1990, Pembangkitan Energi Listrik. Jakarta: Penerbit Erlangga.
  - [14] M. Vanitha, and K Thanushkodi 2011. Solution to Economic Dispath Problem BY Differential Evalution Algorithm Considering Linear Equality and Inequality Constrains. International Journal of Research and Reviews in Electrical and Computer Engineering, 1(1) : 21-26."
  - [15] A.Attia El-Fergany, Member, IACSIT. Solution of economic load dispatch problem with smooth and no smooth fuel cost functions including line losses using genetic algorithm. International journal of computer and electrical engineering, vol.3, No.5, October 2011
  - [16] Leandro dos Santos Coelho, and Chu-Sheng Lee. Solving economic load dispatch problems in power systems using chaotic and Gaussian particle swarm optimization approaches. Electrical Power and Energy Systems, 2008, 30 : 297-307.
  - [17] Saadat, Hadi, 1999. Power System Analysis. Power Generation, Operation, and Control. Jhon wiley & Sons, Inc
  - [18] Wood, A.J. and B.F. Wollenberg. 1984, Power Generation Operation and Control, John Wiley and Sons, New York.
  - [19] Grainger Jhon J and William D. Stevenson. 1994. Power System Analysis. Singapore: McGraw-hill.
  - [20] El-Ghazali Talbi, 2009. Metaheuristics From

Design To Implementation. John Wiley & Sons.

- [21] Munir, R. 2005. Strategi algoritmik. Yogyakarta: Graha ilmu

## BIOGRAPHY



**Fatkurohman**, Lahir di Ponorogo pada tanggal 09 Juni 1991. Menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 01 Desa Blembem lulus tahun 2003 dan melanjutkan SMP Negeri 02 Kauman, lulus tahun 2006. Kemudian melanjutkan SMK PGRI 02 Ponorogo, lulus pada tahun 2009. Memperoleh gelar Sarjana dari Program Studi Teknik Elektro Universitas Tanjungpura Pontianak pada tahun 2020. Penelitian ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Tegangan Listrik Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

## Menyetujui:

### Pembimbing Utama

Dr. Eng. Ir. Hardiansyah, MT  
NIP 19670227 199303 1 002

### Pembimbing Pembantu

Dr. Ir. M. Iqbal Arsyad, MT, IPM  
NIP 19660907199203 1 002